

PCT/JP2004/006892

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

26.07.2004

REC'D 16 SEP 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 5月15日

出願番号
Application Number: 特願2003-137294
[ST. 10/C]: [JP2003-137294]

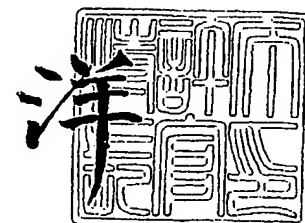
出願人
Applicant(s): 矢崎総業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 9月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3078657

【書類名】 特許願

【整理番号】 P85385-79

【提出日】 平成15年 5月15日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01B 13/00

【発明の名称】 ワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラム

【請求項の数】 13

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

【氏名】 澤井 正義

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県湖西市鷺津 2 4 6 4 - 4 8 矢崎部品株式会社内

【氏名】 中野 亜希子

【特許出願人】

【識別番号】 000006895

【氏名又は名称】 矢崎総業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100060690

【弁理士】

【氏名又は名称】 瀧野 秀雄

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100097858

【弁理士】

【氏名又は名称】 越智 浩史

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100108017

【弁理士】

【氏名又は名称】 松村 貞男

【電話番号】 03-5421-2331

【選任した代理人】

【識別番号】 100075421

【弁理士】

【氏名又は名称】 垣内 勇

【電話番号】 03-5421-2331

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012450

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004350

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法であって、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成工程と、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算工程と、

前記重合計算工程の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、
を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項2】 請求項1記載のねじれ角計算方法において、
前記仮想クランプ軸を算出するために、

前記副電線束分岐節点を起点とする前記副電線束に対する接線ベクトル及び前記主電線束に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成する接線平面作成工程と、

前記接線平面上で前記副電線束分岐節点を起点として前記主電線束に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を前記仮想クランプ軸として算出する仮想クランプ軸算出工程と、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

【請求項 3】 請求項 2 記載のねじれ角計算方法において、

前記ねじれ角ぶん戻して、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を前記基準形状モデルと共に表示する表示工程、

を更に含むことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか一項に記載のねじれ角計算方法において、

前記基準形状は、前記ワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、

前記変形状は、前記ワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物のねじれ角計算方法。

【請求項 5】 所定の部位に配策されるように設計された、主電線束及びこの主電線束から分岐する複数の副電線束を含んで構成されるワイヤー様構造物を、所定形状に変形させたときの前記副電線束のねじれ角を、コンピュータを用いて計算する方法であって、

前記ワイヤー様構造物を円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、前記ワイヤー様構造物の有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性、及び拘束条件を前記有限要素モデルに適用することにより、前記ワイヤー様構造物を、その主電線束が所定平面に乗るような基準形状に変形させる変形工程と、

前記副電線束が前記平面に対して成す角を前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、

を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、

前記主電線束がねじれなく直線化されるように前記基準形状に対応する拘束条件を設定する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 記載のねじれ角計算方法において、
前記平面は、前記ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面である、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 8】 請求項 7 記載のねじれ角計算方法において、
前記主電線束は前記ワイヤー様構造物を構成する全電線束のうちで最大径を有するものとする、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 9】 請求項 8 記載のねじれ角計算方法において、
前記複数の副電線束のうちで前記主電線束の次に太い電線束も前記基準平面に乗るように前記拘束条件を設定する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 10】 請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、
前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプも含んで構成され、

前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 11】 請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、
前記複数の副電線束に替えて、前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプを含んで構成され、

前記複数の副電線束に替えて、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算方法。

【請求項 12】 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物

が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算する装置であって、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段と、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段と、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段と、

前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段と、を含むことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算装置。

【請求項 13】 主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算するために、コンピュータを、

前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段、

前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束

分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段、

前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段、

前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段、として機能させる、

ことを特徴とするワイヤー様構造物におけるねじれ角計算プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定形状に変形されるときに発生する電線束及び／又はクランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法、その装置、及びそのプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、車両等においては多種多様の電装品が搭載されるようになっており、それらは、複数の電線や通信線がインシュロック等の結束部材やテープ等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネスとよばれるワイヤー様構造物で接続されている。このようなワイヤーハーネスは、所定の3次元空間に配策されるように設計されて、治具板上で2次元状に展開されて製造される。

【0003】

図1(A)及び図1(B)はそれぞれ、設計時及び製造時のワイヤーハーネスの形状を示す図である。図1(A)に示すように、ワイヤーハーネスは、一般的に、幹線1aからそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線1b1～1b4を有していたり、その端部や中間点にクランプ2a～2g等が取り付けられて(クランプの替わりにグロメットや端部にコネクタが取り付けられることもある)、例

例えば、車両ドアやフロア等の所定の 3 次元空間に配策されるように設計される。ところが、このように 3 次元空間を想定して設計されたワイヤーハーネスは、図 1 (B) に示すように、2 次元状の治具板上に展開されて製造されるため、展開時には、異なる方向に分岐する枝線 1 b 1 ~ 1 b 4 やクランプ 2 a ~ 2 g が、幹線 1 a に対してねじれを発生させることになっていた。これについて、図 2 を用いて説明する。

【0004】

図 2 (A) 及び図 2 (B) は、本発明で対象となるワイヤーハーネスにおけるねじれ角を説明するための図である。図 2 (A) に示すように、3 次元空間を想定して設計されたワイヤーハーネスの幹線 1 a が、ねじれなく直線的にのばされた状態において、例えば、枝線 1 b 1 と枝線 1 b 2 とは、正面からみると、図 2 (B) に示すように、角度 θ で異なる方向に分岐する。同様に、ここでは図示しない 2 つのクランプ（主に幹線の間中部に取り付けられる）も、図 2 (B) に示すように、角度 θ で異なる方向に分岐することがある。但し、クランプの場合には、図 2 (A) 及び図 2 (B) に示すように、その角度 θ は、2 つのクランプによるねじり作用点 p 1、p 2 と幹線 1 a の中心軸とを結ぶ直線 v 1、v 2、すなわち、2 つのクランプ回転軸の成す角度となる。更に、枝線とクランプとが同様に角度 θ を形成することもあり得る。

【0005】

ところで、ワイヤーハーネスの製造時には、ワイヤーハーネスを構成する幹線、枝線、クランプとも、基本的に 2 次元平面である治具板上に展開される。そうすると、ワイヤーハーネスの製造時には、上記角度 θ に相当するぶんだけ幹線等がねじられることになる。したがって、本明細書中では上記角度 θ をねじれ角とよんでいる。

【0006】

なお、一般的に、幹線は枝線よりも太いが、これらは同等の太さであってもよいし、逆であってもよい。また、幹線及び枝線は、別の名称、例えば、主電線束、及び副電線束等とよんでもよい。また、クランプは、請求項中ではクリップとよび、クリップはコネクタも含むものとする。

【0007】

【非特許文献1】

B. ナス著「マトリックス有限要素法」ブレイン図書出版株式会社出版、1978年8月10日、p. 7-15

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

このようなねじれ角を、治具板の設計やワイヤーハーネスの製造に先立ち正確に把握しておくことは、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造に不可欠なものである。ところが、ワイヤーハーネスは複数の電線が束になって構成されるため、特有の材料特性や形状特性を有しており、このようなワイヤーハーネスにおけるねじれ角を正確に求めることは困難であると考えられていた。したがって、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を正確に求めるための有効な手法は確立されておらず、その実現が待望されている。

【0009】

よって本発明は、上述した現状に鑑み、容易かつ正確にワイヤーハーネスにおけるねじれ角を計算することができるようにし、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となるねじれ角計算方法、その装置及びそのプログラムを提供することを課題としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するためになされた請求項1記載のねじれ角計算方法は、主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ角をコンピュータを利用して計算する方法であって、前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状

モデル作成工程と、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算工程と、前記重合計算工程の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

【0011】

また、上記課題を解決するためになされた請求項2記載のねじれ角計算方法は、請求項1記載のねじれ角計算方法において、前記仮想クランプ軸を算出するために、前記副電線束分岐節点を起点とする前記副電線束に対する接線ベクトル及び前記主電線束に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成する接線平面作成工程と、前記接線平面上で前記副電線束分岐節点を起点として前記主電線束に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を前記仮想クランプ軸として算出する仮想クランプ軸算出工程と、を更に含むことを特徴とする。

【0012】

また、上記課題を解決するためになされた請求項3記載のねじれ角計算方法は、請求項2記載のねじれ角計算方法において、前記ねじれ角ぶん戻して、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を前記基準形状モデルと共に表示する表示工程、を更に含むことを特徴とする。

【0013】

また、上記課題を解決するためになされた請求項4記載のねじれ角計算方法は、請求項1～3のいずれか一項に記載のねじれ角計算方法において、前記基準形状は、前記ワイヤー様構造物が治具板上に展開されるときにの形状に対応し、前記変形形状は、前記ワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときにの形状に対応する、ことを特徴とする。

【0014】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 5 記載のねじれ角計算方法は、所定の部位に配策されるように設計された、主電線束及びこの主電線束から分岐する複数の副電線束を含んで構成されるワイヤー様構造物を、所定形状に変形させたときの前記副電線束のねじれ角を、コンピュータを用いて計算する方法であって、前記ワイヤー様構造物を円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、前記ワイヤー様構造物の有限要素モデルを作成する有限要素モデル作成工程と、前記ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性、及び拘束条件を前記有限要素モデルに適用することにより、前記ワイヤー様構造物を、その主電線束が所定平面に乘るような基準形状に変形させる変形工程と、前記副電線束が前記平面に対して成す角を前記ねじれ角として計算するねじれ角計算工程と、を含むことを特徴とする。

【0 0 1 5】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 6 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記主電線束がねじれなく直線化されるように前記基準形状に対応する拘束条件を設定する、ことを特徴とする。

【0 0 1 6】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 7 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 又は 6 記載のねじれ角計算方法において、前記平面は、前記ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面である、ことを特徴とする。

【0 0 1 7】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 8 記載のねじれ角計算方法は、請求項 7 記載のねじれ角計算方法において、前記主電線束は前記ワイヤー様構造物を構成する全電線束のうちで最大径を有するものとする、ことを特徴とする。

【0 0 1 8】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 9 記載のねじれ角計算方法は、請求項 8 記載のねじれ角計算方法において、前記複数の副電線束のうちで前記主電線束の次に太い電線束も前記基準平面に乘るように前記拘束条件を設定する

、ことを特徴とする。

【0 0 1 9】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 0 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプも含んで構成され、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、ことを特徴とする。

【0 0 2 0】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 1 記載のねじれ角計算方法は、請求項 5 記載のねじれ角計算方法において、前記複数の副電線束に替えて、前記ワイヤー様構造物は前記主電線束に取り付けられた、ねじりを発生しうるクランプを含んで構成され、前記複数の副電線束に替えて、前記平面に対する、前記クランプの回転軸が成す角度も前記ねじれ角として計算する、ことを特徴とする。

【0 0 2 1】

また、上記課題を解決するためになされた請求項 1 2 記載のねじれ角計算装置は、主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算する装置であって、前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段と、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段と、前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状

を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段と、前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段と、を含むことを特徴とする。

【0022】

また、上記課題を解決するためになされた請求項13記載のねじれ角計算プログラムは、主電線束、この主電線束から分岐する副電線束及び／又はこの主電線束に取り付けられるクランプ、を含んで構成されるワイヤー様構造物が、所定の基準形状からこれとは異なる変形形状に変形されるときに発生する前記副電線束及び／又は前記クランプのねじれ具合を計算するために、コンピュータを、前記変形形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は前記副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸を付加した変形形状モデルを作成する変形形状モデル作成手段、前記基準形状に対応するように前記ワイヤー様構造物の主電線束を複数の梁要素の結合体として表現し、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸を付加した基準形状モデルを作成する基準形状モデル作成手段、前記ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、前記基準形状モデルを変形させて前記変形形状モデルに重ね合わせたときの形状を、有限要素法を利用して計算する重合計算手段、前記重合計算手段による計算の後に、前記基準軸と、前記クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角を、ねじれ角として計算するねじれ角計算手段、として機能させる、ことを特徴とする。

【0023】

請求項1、12及び13記載の発明によれば、所望の変形形状に対応するようにワイヤー様構造物の主電線束が複数の梁要素の結合体として表現され、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸が付加された変形形状モデルが作成され、所定の基準形状に対応するようにワイヤー様構造物の主電線束が複数の梁要素の結合体として表現され、この主

電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸が付加された基準形状モデルが作成される。次に、ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形形状モデルのクランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。このように、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた副電線束及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。

【0024】

また、請求項2記載の発明によれば、副電線束分岐節点を起点とする副電線束に対する接線ベクトル及び主電線束に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成し、接線平面上で副電線束分岐節点を起点として主電線束に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を仮想クランプ軸として算出し、この仮想クランプ軸を利用して副電線束のねじれ角も表すようにしている。このような仮想クランプ軸を計算することにより、副電線束もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることができるようになる。

【0025】

また、請求項3記載の発明によれば、上記計算されたねじれ角ぶん戻して、クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を基準形状モデルに重ねて表示するようにしているので、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになる。

【0026】

また、請求項4記載の発明によれば、基準形状はワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、変形形状はワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応するので、現実には治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0027】

また、請求項5記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、ワイヤー様構造物の有限

要素モデルが作成され、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性、及び拘束条件が有限要素モデルに適用され、所定の部位に配策されるように設計されたワイヤー様構造物が、その主電線束が所定平面に乗るような基準形状に変形される。そして、副電線束がこの平面に対して成す角がねじれ角として計算される。このように、有限要素モデルを作成して、設計形状を主電線束が所定平面に乗るような基準形状に変形し、そのときの副電線束がこの平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった副電線束のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。

【0028】

また、請求項6記載の発明によれば、主電線束がねじれなく直線化されるように拘束条件が設定される。

【0029】

また、請求項7記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面に、主電線束が乗るように拘束条件を設定し、この基準平面に対する副電線束の成す角度を求めこれを利用してねじれ角が計算される。

【0030】

また、請求項8記載の発明によれば、主電線束はワイヤー様構造物を構成する全電線束のうちで最大径を有する電線である主電線束が基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の電線束のねじれ角が計算される。

【0031】

また、請求項9記載の発明によれば、複数の副電線束のうちで主電線束の次に太い電線束も基準平面に乗るように拘束条件を設定するので、最も太い電線束とその次に太い電線束とが共に基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の電線束のねじれ角が計算される。

【0032】

また、請求項10記載の発明によれば、基準形状における、主電線束に対する副電線束及びクランプのねじれ角が計算される。

【0033】

また、請求項 11 記載の発明によれば、基準形状における、主電線束に対するクランプのねじれ角が計算される。

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず、図 1～図 3 を用いて、本発明で対象となるワイヤーハーネスの全体形状及び代表的なクランプについて説明する。図 1 及び図 2 は上述の通りであり、図 3 はワイヤーハーネスに取り付けられる代表的なクランプと拘束自由度との関係を示す図である。なお、本明細書中のワイヤーハーネスは車両用に限定されるものでないが、本発明の要旨を理解するために、車両に配策されるワイヤーハーネスを例示しながら説明する。

【0034】

図 1 及び図 2 に示すように、対象となるワイヤーハーネスは、上述のように、幹線 1a の分岐点 3a～3d からそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線 1b1～1b4 を有している。また、その端部や中間点にクランプ 2a～2g が取り付けられている。幹線 1a 及び枝線 1b1～1b4 は、基本的に、それぞれ構成線条材の数や種類が異なるので、各枝線の太さ、長さ、弾性、剛性等も異なる。なお、この実施形態中のワイヤーハーネス、幹線及び枝線はそれぞれ、請求項中のワイヤー様構造物、主電線束及び副電線束に対応する。

【0035】

クランプ 2a～2f は、電装品側の相手方クランプの固定位置及びその装着方向に応じて所定の位置に着脱可能に固定され、ワイヤーハーネスの端部を完全拘束する。この端部を完全拘束するクランプをコネクタとよぶこともある（図 3 参照）。また、クランプ 2g は、通常、ワイヤーハーネスの中間部に取り付けられ、ワイヤーハーネスをボディやステー等の所定位置に完全拘束又は回転拘束する。ここでは、クランプは 1 個のみ示すが、通常、複数のクランプがワイヤーハーネスに取り付けられる。なお、ワイヤーハーネスを拘束する部材には、他にプロテクタやグロメット等も挙げられる。

【0036】

ここで、クランプについて説明を加える。クランプには、基本的に、長穴クラ

ンプ及び丸穴クランプがある。丸穴クランプは、回転クランプともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた丸穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。丸穴クランプは、Z 軸（取付部位に鉛直方向）廻りに回転可能である。

【0037】

一方、長穴クランプは、固定クランプともよばれ、ワイヤーハーネスを保持する台座部とステー等に設けられた長穴形状の取付穴に挿入される支持脚とから構成される。この支持脚の断面形状は、取付穴と略同様の長穴形状をしている。長穴クランプは、Z 軸廻りに回転不可能である。

【0038】

更に、長穴クランプ及び丸穴クランプには、X 軸（ワイヤーハーネスの長手方向）廻りに回転可能な、コルゲート長穴クランプ及びコルゲート丸穴クランプがある。このような各クランプの各軸方向及び各軸廻りの拘束自由度は図 3 に示す通りである。

【0039】

図 3 において、X 軸、Y 軸及び Z 軸は、ワイヤーハーネス上の各節点（又はノードともよぶ）における右手ローカル座標系での直行する 3 軸に相当する。例えば、Z 軸をクランプ軸と一致するようにしているが、これらの決定方法は、使用する関数によって適宜変更可能である。なお、図中、参考のために、分岐点の拘束自由度についても示している。また、ここでは図示しないが、上記拘束点以外に任意に設定されたワイヤーハーネス上の節点は、基本的に、完全自由である。このような拘束自由度が、後述するように、予測経路や反力等の計算に先立ち、各節点にそれぞれ、設定される。

【0040】

次に、図 4 及び図 5 を参照しながら、本発明において前提となる仮定条件、利用される理論及び基本式の概略について説明する。図 4（A）は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 4（B）は、図 4（A）のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 4（C）は、図 4（A）のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。図 5 は、梁要素と節点とで表したワイヤーハ

ハーネスにおける自由度を説明するための図である。

【0041】

まず、本発明では、上記ねじれ角を求めるために、まず、有限要素法を利用して基準形状を計算するが、この有限要素法を利用するに際し、以下のような仮定をする。

- ①. ワイヤーハーネスを弾性体と仮定する。
- ②. ワイヤーハーネスを梁要素が結合されたものと仮定する。
- ③. 各梁要素に線形性が保たれるものと仮定する。
- ④. ワイヤーハーネスの断面を円形であると仮定する。

本発明において、このような仮定をすることにより、従来なされていなかった、ワイヤーハーネスへの有限要素法の適用が可能になる。

【0042】

本実施形態においては、まず、ワイヤーハーネスを離散化する。すなわち、図4(A)に示すように、複数の電線11がテープ12等の保護部材によって束ねられたワイヤーハーネス1は連続体とみなすことができる。次に、図4(B)に示すように、このようなワイヤーハーネス1を、いくつかの梁要素C1、C2、C3、…に分割（離散化）する。すなわち、ワイヤーハーネスは1本のロープのようなものなので、有限個の梁要素をつなげたものとみなすことができる。

【0043】

したがって、図4(C)に示すように、ワイヤーハーネスは、複数の梁要素C1、C2、C3、…を複数のノードN1、N2、N3、…で結合したものと表すことができる。梁要素に必要な特性値は以下の通りである。

長さ l (図4(B) 参照)

断面積 A (図4(B) 参照)

断面2次モーメント I

断面2次極モーメント J

密度 ρ

縦弾性係数 E

横弾性係数 G

なお、後述するが、本明細書中、長さ l 及び断面積 A を形状特性とし、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次極モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G を材料特性としている。

【0044】

そして、図 5 に示すように、各梁要素 C ($C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 、…) はそれぞれ、2 つの節点 α 及び節点 β を有する。3 次元空間においては、節点 α は、3 つの並進成分と 3 つの回転成分を持ため、合計 6 つの自由度を持つ。また、節点 β も同様である。したがって、梁要素 C は 12 自由度を持つことになる。

【0045】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

α は左側の節点、 β は右側の節点


を示す。

【0046】

ところで、振動してない静的な力による構造物の変位は、弾性範囲内では、以下の式 (1) に示すフックの法則が成り立つことが知られている。

$$Kx = F \cdots (1)$$

ここで、 K : ばね定数、 x : 変位、 F : 力



を示す。

【 0 0 4 7 】

また、図 5 で示した梁要素 C にも同様にフックの法則が成り立つことが知られている。但し、梁要素 C は、上記のように 1 2 自由度をもつため、以下の式 (2) で示すように、1 2 行 1 2 列のマトリクスと 1 2 行のベクトルとで、力と変位との関係を表現することができる。

【 0 0 4 8 】

【数1】

$$\begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{cccccc}
 \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{l} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{l}
 \end{array} \right] K_i(1, 1) \\
 \left[\begin{array}{cccccc}
 -\frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{2EI_y}{l} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{2EI_z}{l}
 \end{array} \right] K_i(1, 2) \\
 \left[\begin{array}{cccccc}
 \frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -\frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -\frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{2EI_y}{l} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{2EI_z}{l}
 \end{array} \right] K_i(2, 1) \\
 \left[\begin{array}{cccccc}
 -\frac{AE}{l} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12EI_z}{l^3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \frac{12EI_y}{l^3} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{l} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_y}{l} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{l}
 \end{array} \right] K_i(2, 2)
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left[\begin{array}{cccccc}
 U_{xi\alpha} & U_{yi\alpha} & U_{zi\alpha} & \theta_{xi\alpha} & \theta_{yi\alpha} & \theta_{zi\alpha} \\
 U_{xi\beta} & U_{yi\beta} & U_{zi\beta} & \theta_{xi\beta} & \theta_{yi\beta} & \theta_{zi\beta}
 \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cccccc}
 F_{xi\alpha} & F_{yi\alpha} & F_{zi\alpha} & M_{xi\alpha} & M_{yi\alpha} & M_{zi\alpha} \\
 F_{xi\beta} & F_{yi\beta} & F_{zi\beta} & M_{xi\beta} & M_{yi\beta} & M_{zi\beta}
 \end{array} \right] \dots (2)
 \end{array}$$

【0049】

なお、式(2)において、12行12列のマトリクスを、4つの6行6列のマトリクスに分割し、それぞれを $K_i(1, 1)$ 、 $K_i(1, 2)$ 、 $K_i(2, 1)$ 及び $K_i(2, 2)$ とする。そして、以降の説明では、簡単のために、これら6行6列のマトリクスを利用して説明する。

【0050】

ここで、適合条件と釣り合い条件について図6を用いて説明する。図6 (A) は、3つの梁要素からなるワイヤーハーネスの一部位を示す図であり、図6 (B) は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図6 (C) は、図6 (B) の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【0051】

ここでは、まず簡単のために、図6 (A) で示すように、ワイヤーハーネスにおいて枝線の存在しない3つの梁要素C1、C2、C3からなる部位について考える。すなわち、この部位は、図6 (B) に示すように、3つの梁要素C1、C2、C3で表されるものとする。この場合、梁要素C1の節点1 β 及び梁要素C2の節点2 α の変位は等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。同様に、梁要素C2の節点2 β 及び梁要素C3の節点3 α の変位も等しくなり、これら両節点に加わる力も釣り合うことになる。したがって、これら変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素C1及びC2、梁要素C2及びC3を、図6 (C) に示すように、結合することができる。

【0052】

なお、図中、

F_{xi} : i番要素のx i軸方向の力

F_{yi} : i番要素のy i軸方向の力

F_{zi} : i番要素のz i軸方向の力

M_{xi} : i番要素のx i軸周りのモーメント

M_{yi} : i番要素のy i軸周りのモーメント

M_{zi} : i番要素のz i軸周りのモーメント

U_{xi} : i番要素のx i軸方向の変位

U_{yi} : i番要素のy i軸方向の変位

U_{zi} : i番要素のz i軸方向の変位

θ_{xi} : i番要素のx i軸方向の角変位

θ_{yi} : i番要素のy i軸方向の角変位

θ_{zi} : i番要素のz i軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha, 1\beta, 2\alpha, 2\beta, 3\alpha, 3\beta$ である。

【0053】

例えば、上記梁要素C1は、上記式(2)と同様の形式で示すと、以下の式(3)のように表される。

【0054】

【数2】

$$\begin{bmatrix} K_1(1, 1) & K_1(1, 2) \\ K_1(2, 1) & K_1(2, 2) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{x1\alpha} \\ U_{y1\alpha} \\ U_{z1\alpha} \\ \theta_{x1\alpha} \\ \theta_{y1\alpha} \\ \theta_{z1\alpha} \\ U_{x1\beta} \\ U_{y1\beta} \\ U_{z1\beta} \\ \theta_{x1\beta} \\ \theta_{y1\beta} \\ \theta_{z1\beta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_{x1\alpha} \\ F_{y1\alpha} \\ F_{z1\alpha} \\ M_{x1\alpha} \\ M_{y1\alpha} \\ M_{z1\alpha} \\ F_{x1\beta} \\ F_{y1\beta} \\ F_{z1\beta} \\ M_{x1\beta} \\ M_{y1\beta} \\ M_{z1\beta} \end{Bmatrix} \dots (3)$$

【0055】

梁要素C2、C3も式(3)と同様に表し、これら梁要素C1、C2、C3を図6(C)に示すように結合し、梁要素C1、C2、C3における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式(3)と同様の形式で示すと、以下の式(4)のようになる。

【0056】

3で示す $K_2(2, 2)$ と $K_3(1, 1)$ とが重なっている部分は、それらの各構成要素が足し合わされたものとなる。

【0058】

なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの有限要素モデルを作成することができる。

【0059】

ちなみに、上記式(4)を簡単に表すと、

$$[K] \{x\} = \{F\}$$

となる。

【0060】

このような考え方を、幹線から分岐する枝線や幹線に取り付けられたクランプを有するワイヤーハーネスにも応用した例を以下に図7を用いて説明する。図7(A)は、3つの梁要素と枝線に対応する梁要素とからなるワイヤーハーネスの一部を示す図であり、図7(B)は、図7(A)を4つの梁要素で表した後にそれらを結合した状態を示す図である。

【0061】

簡単のために、図7(A)で示すように、ワイヤーハーネスにおいて梁要素C4で表される枝線が節点N1から分岐する、3つの梁要素C1、C2、C3で表される部位について考える。ここでも、各節点における変位の連続性と力の釣り合いの条件を満たすことで、梁要素C1～C4を、図7(B)に示すように、結合することができる。図7(B)における、3つの梁要素C1、C2、C3で表される部位は、図6(C)で示した通りであるのでその繰り返し説明は省略する。これに加えて、節点N1から図7(B)に示すように梁要素C4が分岐することになる。梁要素C4は、後述するクランプ軸や仮想クランプ軸に対応するものである。

【0062】

なお、図中、

F_{xi} : i 番要素の x_i 軸方向の力

F_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の力

F_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の力

M_{xi} : i 番要素の x i 軸周りのモーメント

M_{yi} : i 番要素の y i 軸周りのモーメント

M_{zi} : i 番要素の z i 軸周りのモーメント

U_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の変位

U_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の変位

U_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の変位

θ_{xi} : i 番要素の x i 軸方向の角変位

θ_{yi} : i 番要素の y i 軸方向の角変位

θ_{zi} : i 番要素の z i 軸方向の角変位

を示し、

$i = 1\alpha, 1\beta, 2\alpha, 2\beta, 3\alpha, 3\beta, 4\alpha, 4\beta$ である。

【0 0 6 3】

梁要素 C 4 は、以下の式 (5) のように表される。

【0 0 6 4】

【数4】

$$\begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{c}
 F_{x1\alpha} \\
 F_{y1\alpha} \\
 F_{z1\alpha} \\
 M_{x1\alpha} \\
 M_{y1\alpha} \\
 M_{z1\alpha}
 \end{array} \right\} \dots (5) \\
 \left. \begin{array}{c}
 U_{x1\alpha} \\
 U_{y1\alpha} \\
 U_{z1\alpha} \\
 O_{x1\alpha} \\
 O_{y1\alpha} \\
 O_{z1\alpha}
 \end{array} \right\} \\
 K_4(1, 2)
 \end{array} \right\} \\
 \\
 \left. \begin{array}{c}
 \left. \begin{array}{c}
 F_{x1\beta} \\
 F_{y1\beta} \\
 F_{z1\beta} \\
 M_{x1\beta} \\
 M_{y1\beta} \\
 M_{z1\beta}
 \end{array} \right\} \\
 \left. \begin{array}{c}
 U_{x1\beta} \\
 U_{y1\beta} \\
 U_{z1\beta} \\
 \theta_{x1\beta} \\
 O_{y1\beta} \\
 O_{z1\beta}
 \end{array} \right\} \\
 K_4(2, 2)
 \end{array} \right\} \\
 \\
 \left. \begin{array}{c}
 K_4(1, 1) \\
 \\
 \\
 K_4(2, 1)
 \end{array} \right\}
 \end{array}$$

【0065】

ここで、6行6列のマトリクス $K_4(1, 1)$ 、 $K_4(1, 2)$ 、 $K_4(2, 1)$ 及び $K_4(2, 2)$ は上記 $K_1(1, 1)$ 、 $K_1(1, 2)$ 、 $K_1(2, 1)$ 及び $K_1(2, 2)$ と同様である。

【0066】

そして、梁要素C1～C4を図6(C)に示すように連結し、梁要素C1、C2、C3、C4における上記変位の連続性と力の釣り合いを上記式(4)と同様

の形式で示すと、以下の式(6)のようになる。

【 0 0 6 7 】

【数5】

$$\begin{array}{c}
 \left\{ \begin{array}{c}
 K_1(1, 1) \quad K_1(1, 2) \\
 K_1(2, 1) \quad K_1(2, 2) \\
 K_2(1, 1) \quad K_2(1, 2) \\
 K_2(2, 1) \quad K_2(2, 2) \\
 K_3(1, 1) \quad K_3(1, 2) \\
 K_3(2, 1) \quad K_3(2, 2) \\
 K_4(1, 1) \quad K_4(1, 2) \\
 K_4(2, 1) \quad K_4(2, 2)
 \end{array} \right\}
 \begin{array}{c}
 M_{124} \\
 M_{23}
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{c}
 U_{x1\alpha} \quad U_{y1\alpha} \quad U_{z1\alpha} \quad \theta_{x1\alpha} \quad \theta_{y1\alpha} \quad \theta_{z1\alpha} \\
 U_{x2\alpha} \quad U_{y2\alpha} \quad U_{z2\alpha} \quad \theta_{x2\alpha} \quad \theta_{y2\alpha} \quad \theta_{z2\alpha} \\
 U_{x3\alpha} \quad U_{y3\alpha} \quad U_{z3\alpha} \quad \theta_{x3\alpha} \quad \theta_{y3\alpha} \quad \theta_{z3\alpha} \\
 U_{x3\beta} \quad U_{y3\beta} \quad U_{z3\beta} \quad \theta_{x3\beta} \quad \theta_{y3\beta} \quad \theta_{z3\beta} \\
 U_{x4\beta} \quad U_{y4\beta} \quad U_{z4\beta} \quad \theta_{x4\beta} \quad \theta_{y4\beta} \quad \theta_{z4\beta}
 \end{array} \right\}
 \left\{ \begin{array}{c}
 F_{x1\alpha} \quad F_{y1\alpha} \quad F_{z1\alpha} \quad M_{x1\alpha} \quad M_{y1\alpha} \quad M_{z1\alpha} \\
 F_{x2\alpha} \quad F_{y2\alpha} \quad F_{z2\alpha} \quad M_{x2\alpha} \quad M_{y2\alpha} \quad M_{z2\alpha} \\
 F_{x3\alpha} \quad F_{y3\alpha} \quad F_{z3\alpha} \quad M_{x3\alpha} \quad M_{y3\alpha} \quad M_{z3\alpha} \\
 F_{x3\beta} \quad F_{y3\beta} \quad F_{z3\beta} \quad M_{x3\beta} \quad M_{y3\beta} \quad M_{z3\beta} \\
 F_{x4\beta} \quad F_{y4\beta} \quad F_{z4\beta} \quad M_{x4\beta} \quad M_{y4\beta} \quad M_{z4\beta}
 \end{array} \right\} \dots (6)
 \end{array}$$

【0068】

ここで、式(6)中の6行6列のマトリクス $K_1(1, 1)$ 、 $K_1(1, 2)$ 、 $K_1(2, 1)$ 及び $K_1(2, 2)$ は梁要素C1に対応し、 $K_2(1, 1)$ 、 $K_2($

1, 2)、 $K_2(2, 1)$ 及び $K_2(2, 2)$ は梁要素 C 2 に対応し、 $K_3(1, 1)$ 、 $K_3(1, 2)$ 、 $K_3(2, 1)$ 及び $K_3(2, 2)$ は梁要素 C 3 に対応し、 $K_4(1, 1)$ 、 $K_4(1, 2)$ 、 $K_4(2, 1)$ 及び $K_4(2, 2)$ は梁要素 C 4 に対応するものである。但し、但し、M124 で示す $K_1(2, 2)$ と $K_2(1, 1)$ と $K_4(1, 1)$ とが重なっている部分、M23 で示す $K_2(2, 2)$ と $K_3(1, 1)$ とが重なっている部分は、それらの各構成要素が足し合わされたものとなる。

【0069】

このようにして、幹線から分岐する枝線や幹線に取り付けられたクランプを有するワイヤーハーネスに対しても、有限要素モデルを作成することができる。なお、4つ以上の梁要素についても、同様に扱うことができる。このようにして、任意の数の梁要素に分割されるワイヤーハーネスの有限要素モデルを作成することができる。

【0070】

したがって、上記(4)や式(6)に基づき、未知数である変位ベクトル $\{x\}$ を求めることにより、目的とする基準形状を計算することができる。式(4)や式(6)の解を求める際には、周知の弧長法や陽解法が利用可能である。

【0071】

なお、上記のような一般的なマトリックス有限要素法は、例えば、上記非特許文献1中でも紹介されている。

【0072】

次に、本発明における、上記梁要素に必要な各特性値の求め方の一例について以下に示す。図8(A)は、断面2次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図8(B)は、断面2次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

【0073】

まず、長さ l 、断面積 A 及び密度 ρ は、対象となるワイヤーハーネスを作成し、ノギス、メジャー、重量計等を用いて計測した後、簡単な計算により求めることができる。

【0074】

また、縦弾性係数 E は、図 8 (A) に示す測定方法を行う場合、次式 (7) で表すことができる。

$$E = FL^3 / 3XI \dots (7)$$

また、断面 2 次モーメント I は、上記のようにワイヤーハーネスを円形断面と仮定したので、次式 (8) で表すことができる。

$$I = \pi D^4 / 64 \dots (8)$$

したがって、

$$E = 64 FL^3 / 3X\pi D^4 \dots (9)$$

となる。

この測定では、

$$E = (F/X) \times (64 L^3 / 3\pi D^4)$$

として F と x との関係を測定することにより、縦弾性係数 E を求めることができる。

【0075】

一方、横弾性係数 G は、図 8 (B) に示す測定方法を行う場合、次式 (10) で表すことができる。

$$G = (TL / \theta J) \times 2 \dots (10)$$

断面 2 次極モーメント J は、ワイヤーハーネスが円形断面と仮定したので、次式 (11) で表すことができる。

$$J = \pi D^4 / 32 \dots (11)$$

また、ねじる力は、

$$T = FS \dots (12)$$

となる。

よって、

$$G = (32 FSL / \theta \pi D^4) \times 2 = (F / \theta) (32 SL / \pi D^4) \times 2 \dots (13)$$

したがって、 F と θ の関係を測定することにより、横弾性係数 G を求めることができる。

【0076】

上記測定方法は一例であり、上記測定例以外の方法によって各値を取得してもよい。また、予め代表的なワイヤーハーネスを測定しておきデータベース化しておき、これを適宜利用するようにしてもよい。

【0077】

次に、上記理論及び基本式を利用して後述するねじれ角の計算を行うための、本発明に係るハードウェア構成について説明する。図9は、本発明に係るハードウェア構成を示すブロック構成図である。

【0078】

図9に示すように、本発明では、マイクロコンピュータ41、入力装置42、表示装置43、印字装置44、記憶装置45、読込装置46、及び通信インターフェース47を含んで基本構成される、周知のパーソナルコンピュータが利用可能である。マイクロコンピュータ41は、CPU41a（中央演算装置）、ブートプログラム等を記憶するROM41b、各種処理結果を一時的に記憶するRAM41cを含む。入力装置42は上記各値等を入力するキーボード、マウス等であり、表示装置43は処理結果を表示するCRT等であり、印字装置44は処理結果を印字するプリンタである。また、記憶装置45はアプリケーションプログラムや処理結果を記憶するハードディスクドライブである。読込装置46は、CD-R等の記録媒体48に格納される、図10、図11、及び図14に処理手順を示すねじれ角計算プログラム48aを読み込むための装置である。通信インターフェース47は外部装置と、例えば、LAN回線を用いてデータ通信を行うためのモデムボード等である。これらの各構成要素は、内部バス49を介して接続されている。

【0079】

マイクロコンピュータ41は、読込装置46にて読み込まれたねじれ角計算プログラム49aを記憶装置45に転送、すなわち、インストールする。また、電源投入後、マイクロコンピュータ41は、ROM41bに記憶されるブートプログラムにしたがって起動され、インストールされているねじれ角計算プログラム49aを立ちあげる。そして、マイクロコンピュータ41は、ねじれ角計算プロ

グラム 49 a にしたがって、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を求めたり、表示装置 43 や印字装置 44 から出力させたり、その結果を記憶装置 45 に保存したりする。ねじれ角計算プログラム 49 a は、上記構成を有する他のパーソナルコンピュータ等にもインストール可能であり、インストール後は、そのコンピュータをねじれ角計算装置として機能させる。

【0080】

なお、記録媒体 48 に格納されるねじれ角計算プログラム 49 a は請求項 13 に対応し、このねじれ角計算プログラム 49 a がインストールされたパーソナルコンピュータ等の処理装置は請求項 12 に対応する。ねじれ角計算プログラム 49 a は、記録媒体 48 のみならず、インターネットや LAN 等の通信回線を経由して提供されたものであってもよい。

【0081】

更に、図 10～図 15 を用いて、本発明に係る処理手順について説明する。特に、図 10～図 13 は本発明の第 1 実施形態に係り、図 14 及び図 15 は本発明の第 2 実施形態に係る図である。

【0082】

〔第 1 実施形態〕

図 10 は本発明の第 1 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートであり、図 11 (A)～図 11 (C) はそれぞれ、図 10 の処理手順におけるサブルーチンを示すフローチャートである。図 12 (A)～図 12 (E) はそれぞれ、図 10 の処理の過程における状態を例示する図であり、図 13 は、図 11 (C) の処理を説明するための図である。なお、対象となるワイヤーハーネスは、枝線がなくクランプが取り付けられているものであってもよいし、枝線がありクランプが取付らていないものでもよいし、或いは、枝線がありクランプが取付らているものでもよいが、図 12 においては、代表して、枝線がなくクランプが取り付けられたワイヤーハーネスを示している。

【0083】

まず、図 10 のステップ S1 においては、変形形状が設計されて、この設計された変形形状が表示装置 43 に出力される。この変形形状は、図 12 (A) に示

すように、例えば、車両ドアやフロア等の所定の部位に配策されるように、形状設計されたワイヤーハーネス 1' である。このワイヤーハーネス 1' は、例えば、幹線 10a と、この幹線 10a の中間部及び端部に取り付けられて、幹線 10a を所定部位に固定するためのクランプ 20a、20b、20c とを含んで構成されるものとする。図示しないが、幹線 10a から分岐する枝線が含まれていてもよい。この変形形状の設計には、予めインストールされている CAD 等のアプリケーションプログラムが利用可能であり、入力装置 42 としてのマウスやキーボードを用いて表示装置 43 上に描画される。この変形形状を求める手法は他の方法を用いてもよい。

【0084】

次に、ステップ S2 においては、入力装置 42 を用いてワイヤーハーネス 1' の形状特性や材料特性等が設定される。また、上記変形形状及び後述の基準形状にそれぞれ対応する拘束条件も設定される。形状特性は、例えば、上述した長さ l 及び断面積 A であり、材料特性としては、例えば、断面 2 次モーメント I 、断面 2 次モーメント J 、密度 ρ 、縦弾性係数 E 及び横弾性係数 G である。これらは、上述のようにして予め測定或いは計算されている値が利用される。これらの値は、上記式 (6) 中の剛性マトリクス $[K]$ 中の各要素に係わる。拘束条件は、ワイヤーハーネス 1' の変形形状及び基準形状に対応する座標や、図 3 にて示したようなクランプ 20a、20b、20c の拘束自由度である。

【0085】

次に、ステップ S3 及びステップ S4 においてはそれぞれ、上記ステップ S2 で設定された値に基づき、図 12 (B) に示すように、基準形状モデル 1A 及び変形形状モデル 1B が作成される。但し、ここでは、これらモデル 1A 及び 1B は表示装置 43 上に表示させる必要はない。基準形状モデル 1A 及び変形形状モデル 1B は、上記図 7 及び式 (6) に準じたものとなる。基準形状モデル 1A は、例えば、ワイヤーハーネスが治具板上に展開されるときに形状に対応するようにすると、現実には則した治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。ステップ S3 は請求項中の基準形状モデル作成工程及び基準形状モデル作成手段に対応し、ステップ S4 は請求項中の変形形状モデル作成工程及び変

形形状モデル作成手段に対応する。

【0086】

ステップS3の基準形状モデル1Aの作成においては、図11(A)のサブルーチンで示すように、まず、ステップS31において、ワイヤーハーネス1'の幹線10aを複数の梁要素C1～C13で表現する。なお、N0～N14は節点を表す。そして、ステップS32において、クランプ20a、20b、20cが取り付けられている部位に対応するクランプ取付節点N0、N6、N14にそれぞれ、基準軸RX0、RX6、RX14が付加される。

【0087】

基準形状モデル1Aは、例えば、幹線10aを治具板上でねじれなく真っ直ぐにのばした形状に対応する。また、基準軸RX0、RX6、RX14は全て、節点N0、N6、N14から同方向に延びている。なお、幹線10aから分岐する枝線がある場合には、枝線分岐点に対応する節点に同様の基準軸が付加される。ここでは、幹線を梁要素で表現した後に基準軸を付加するものとして説明したが、基準形状モデル1Aの作成方法はこれに限定されない。要は、最終的に図12(B)で示すような基準形状モデル1Aが作成できればよい。

【0088】

また、ステップS4の変形形状モデル1Bの作成においては、図11(B)のサブルーチンで示すように、まず、ステップS41において、ステップS31と同様、ワイヤーハーネス1'の幹線10aを複数の梁要素C1～C13で表す。但し、この変形形状モデル1Bでは、複数の梁要素C1～C13は、上記ステップS1で設計された変形形状に対応するように各節点にて結合される。

【0089】

次に、ステップS42において、クランプ取付節点N0、N6、N14にそれぞれ、クランプ軸AX0、AX6、AX14が付加される。クランプ軸AX0、AX6、AX14とは、幹線に取り付けられたクランプ20a、20b、20cの回転軸に対応するものである。更に、幹線10aから分岐する枝線がある場合には、枝線分岐点に対応する節点に上記クランプ軸に対応する仮想クランプ軸が付加される。

【0090】

ここで、仮想クランプ軸について、図11(C)及び図13を用いて説明する。まず、ステップS431において、枝線分岐節点N6を起点とする幹線10aに対する接線ベクトル v_{11} （幹線接線ベクトルとよぶ）及び同じく枝線分岐節点N6を起点とする枝線10bに対する接線ベクトル v_{12} （枝線接線ベクトルとよぶ）を共に含む接線平面5が作成される。

【0091】

そして、ステップS432において、この接線平面5上で枝線分岐節点N6を起点として幹線接線ベクトル v_{11} に直交するベクトルが仮想クランプ軸 v_{13} として算出される。なお、ステップS431及びステップS432はそれぞれ、請求項中の接線平面作成工程及び仮想クランプ軸算出工程に対応する。このような仮想クランプ軸 v_{13} を計算することにより、枝線もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることができるようになる。したがって、ねじれ角計算のための処理手順が効率化される。

【0092】

ここでも、幹線を梁要素で表現した後にクランプ軸や仮想クランプ軸を付加するものとして説明したが、変形状モデル1Bの作成方法はこれに限定されない。要は、最終的に図12(B)で示すような変形状モデル1Bが作成できればよい。

【0093】

図10に戻って、ステップS5においては、図12(C)及び図12(D)に示すように、上記基準形状モデル1Aが変形状モデル1Bに重ね合わされる。この重ね合わせ処理には有限要素法が利用される。すなわち、基準形状モデル1Aが、上記ステップS2で設定された形状特性及び材料特性を満たしつつ、図中、点線矢印で示すように、変形状モデル1Bに強制変位されるものとして、有限要素法における解が求められる。補足すると、全節点のうち、クランプが設けられたり、枝線が分岐したりするN0等のような特定の節点を完全拘束とし、その他の節点を全回転自由として、処理を行うようにする。ステップS5は、請求項中の重合計算工程及び重合計算手段に対応する。

【0094】

次に、ステップS6においては、上記重ね合わせの結果に基づいて、ねじれ角が計算される。すなわち、図12(D)に示すように、基準形状モデル1Aが変形形状モデル1Bに重ね合わせられるにともない、基準軸RX0、RX6、RX14も回転する。そして、重ね合わせ終了時には、回転した基準軸RX0、RX6、RX14と、クランプ軸AX0、AX6、AX14とはそれぞれ、所定の角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ を成している。この角度がねじれ角として計算される。なお、枝線がある場合には、上述のようにして求めた仮想クランプ軸と基準軸とが成す角が、枝線のねじれ角として計算される。ステップS6は、請求項中のねじれ角計算工程及びねじれ角計算手段に対応する。

【0095】

そして、ステップS7において、図12(E)に示すように、クランプ軸AX0、AX6、AX14を、上記計算したねじれ角 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ ぶん戻して、基準形状モデル1Aと共に表示装置43上に表示する。各ねじれ角は、例えば、グラフィック表示された基準形状と共に数字や文字等で表示させるようにする。なお、表示装置43上への表示のみならず、印字装置44による紙上印字を行わせてもよい。ステップS7は、請求項中の表示工程に対応する。このように表示することにより、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになり、より適確な治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。またなお、基準形状は必ずしも表示させる必要はなく、少なくとも、ねじれ角が表示されればよい。

【0096】

このように、本発明の第1実施形態によれば、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた枝線及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0097】

[第2実施形態]

図14は、本発明の第2実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである

。図15 (A) ~ 図15 (D) はそれぞれ、図14の処理の過程における状態を例示する図である。

【0098】

まず、図14のステップS201においては、上記図10のステップS1と同様、図15 (A) に示すような変形形状が設計されて、この設計された変形形状が表示装置43に出力される。但し、ここでは、幹線11aと、幹線11aから分岐する複数の枝線11b1~11b5とを含むワイヤーハーネス1''を想定している。勿論、第1実施形態同様、幹線11aの中間部にはクランプが取り付けられていてもよい。このワイヤーハーネス1''は、例えば、幹線11aと、この幹線11aからそれぞれ異なる方向に分岐する複数の枝線11b1~11b5とを有し、幹線11a及び各枝線11b1~11b5の端部には、クランプ21a~21gが取り付けられているものとする。

【0099】

次に、ステップS202においては、入力装置42を用いてワイヤーハーネス1''の形状特性や材料特性等が設定される。また、上記変形形状及び後述の基準形状にそれぞれ対応する拘束条件も設定される。形状特性は、例えば、上述した長さ1及び断面積Aであり、材料特性としては、例えば、断面2次モーメントI、断面2次モーメントJ、密度 ρ 、縦弾性係数E及び横弾性係数Gである。これらは、上述のようにして予め測定或いは計算されている値が利用される。これらの値は、上記式(6)中の剛性マトリクス[K]中の各要素に係わる。拘束条件は、ワイヤーハーネス1''の変形形状に対応する座標や、図3にて示したようなクランプ21a~21gの拘束自由度である。

【0100】

次に、ステップS203においては、上記ステップS202で設定された値に基づき、図15 (B) に示すような、変形形状に対応する有限要素モデルが作成される。この有限要素モデルは、上記式(6)に示したように、幹線とこの幹線から分岐する枝線とを有するワイヤーハーネスのモデルを発展させたものとなる。例えば、ワイヤーハーネス1を等長の梁要素C1~C16に分割し、これら梁要素C1~C18に基づいて、有限要素モデルが作成される。なお、ねじれ角を

求めることが最終目的であるので、計算を簡素化するために、各枝線 11b1～11b5 にそれぞれ対応する梁要素 C14～C18 は、幹線を分割した梁要素 C1～C13 と等長に設定されている。なお、N0～N18 は節点を表す。ステップ S203 は、請求項中の有限要素モデル作成工程に対応する。

【0101】

次に、ステップ S204 においては、上記形状特性、材料特性及び基準形状に対応する拘束条件を有限要素モデルに適用して、図 15 (B) に示すような変形形状を、図 15 (C) に示すような基準形状に変形させる。この基準形状は、例えば、ねじれなく真っ直ぐにのばされた幹線 11a を含む平面に乗るものである。このように、幹線にねじれがない状態になるように基準形状に対応する拘束条件を設定することにより、後述のねじれ角の計算が容易になる。ステップ S204 は、請求項中の変形工程に対応する。

【0102】

上記平面としては、図 15 (D) に示すように、ワイヤーハーネスを製造するときに利用される治具板を想定した基準平面 6 を設定し、幹線がこの基準平面 6 に乗るように拘束条件（座標）を設定することが好ましい。これにより、現実に則した治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0103】

また、幹線はワイヤーハーネスを構成する全電線束のうちで最大径を有し、この幹線（C1～C13 に対応）とこの幹線の次に太い枝線（C14 に対応）とが基準平面 6 に乗るように拘束条件（座標）を設定することが好ましい。これにより、より現実に則した治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。なお、この場合、幹線の次に太い枝線に対応する節点 N14 が基準平面 6 に乗るように拘束条件（例えば、完全拘束）が設定されるが、他の枝線に対応する節点 N15～N18 は拘束されない（例えば、全回転自由）ものとして設定される。

【0104】

次に、ステップ S205 においては、各枝線のねじれ角が計算される。各ねじれ角は、上記基準形状に対応する座標情報を利用することにより計算可能である。この際、上述したように、例えば、幹線 1" 及びこの幹線 1" の次に太い枝線

を表す梁要素 C 1 4 が乗る基準平面 6 に対しての、各枝線を表す梁要素 C 1 5、C 1 6 のねじれ角 $\theta 1 1$ 、 $\theta 1 2$ 等を求めるようにすることが好ましい（図 1 5 (D) 参照）。ステップ S 2 0 5 は、請求項中のねじれ角計算工程に対応する。

【0105】

そして、ステップ S 2 0 6 において、上記ステップ S 2 0 5 にて計算されたねじれ角 $\theta 1 1$ 、 $\theta 1 2$ が、基準形状と共に表示装置 4 3 上に表示される。例えば、ここでの表示例は、図 1 5 (C) のような梁要素から構成されるモデル形状を、図 1 5 (A) のような実形状に変換して、表示装置 4 3 上にグラフィック表示させるようにする。各ねじれ角は、例えば、グラフィック表示された基準形状と共に数字や文字等で表示させるようにする。なお、表示装置 4 3 上への表示のみならず、印字装置 4 4 による紙上印字を行わせてもよい。また、基準形状は必ずしも表示させる必要はなく、少なくとも、ねじれ角が表示されればよい。

【0106】

なお、上記図 1 5 で例示したワイヤーハーネスの幹線には、幹線にねじりを発生しうるクランプは取り付けられていないが、枝線と共にこのような幹線にねじりを発生しうるクランプも取り付けられたワイヤーハーネスにおける各ねじれ角も同様に計算することが可能である（請求項 1 0 に対応）。この場合、例えば、第 1 実施形態で示したようなクランプ軸と上記基準平面 6 とが成す角をねじれ角として求めるようにする。これによると、より現実に近い治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。同様に、幹線に上記クランプのみが取り付けられたワイヤーハーネスにおけるねじれ角も同様に計算することが可能である（請求項 1 1 に対応）。これによると、クランプが多用されるワイヤーハーネスに対する治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0107】

このように、本発明の第 2 実施形態によれば、有限要素モデルを作成して、設計形状を幹線が基準平面に乗るような形状に変形し、そのときの枝線が基準平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった枝線のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に

有効となる。

【0108】

なお、本発明は、車両内に配線されるワイヤーハーネス等のワイヤー様構造物に限定されず、屋内に配線されるワイヤー様構造物にも、同様に適用可能である。

【0109】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1、12 及び 13 記載の発明によれば、所望の変形状に対応するようにワイヤー様構造物の主電線束が複数の梁要素の結合体として表現され、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点にそれぞれ、クランプの回転軸に対応するクランプ軸及び／又は副電線束の分岐方向に対応する仮想クランプ軸が付加された変形状モデルが作成され、所定の基準形状に対応するようにワイヤー様構造物の主電線束が複数の梁要素の結合体として表現され、この主電線束のクランプ取付節点及び／又は副電線束分岐節点に、所定の基準軸が付加された基準形状モデルが作成される。次に、ワイヤー様構造物の形状特性及び材料特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形状モデルのクランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。このように、有限要素法を利用して重ね合わせ処理を行うことにより、従来困難とされていた副電線束及び／又はクランプのねじれ角が、容易かつ正確に計算できるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0110】

また、請求項 2 記載の発明によれば、副電線束分岐節点を起点とする副電線束に対する接線ベクトル及び主電線束に対する接線ベクトル、を共に含む接線平面を作成し、接線平面上で副電線束分岐節点を起点として主電線束に対する接線ベクトルに直交するベクトル、を仮想クランプ軸として算出し、この仮想クランプ軸を利用して副電線束のねじれ角も表すようにしている。このような仮想クラン

ブ軸を計算することにより、副電線束もクランプと同等の処理手順でねじれ角を求めることができるようになる。したがって、ねじれ角計算のための処理手順が効率化される。

【0111】

また、請求項3記載の発明によれば、上記計算されたねじれ角ぶん戻して、クランプ軸及び／又は仮想クランプ軸を基準形状モデルに重ねて表示するようにしているので、視覚的且つ直感的にねじれ角が把握できるようになり、より適確な治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0112】

また、請求項4記載の発明によれば、基準形状はワイヤー様構造物が治具板上に展開されるとき形状に対応し、変形形状はワイヤー様構造物が所定の部位に取付けられるときの形状に対応するので、現実には治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0113】

また、請求項5記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を円形断面で線形性が保たれた複数の梁要素が結合された弾性体とみなして、ワイヤー様構造物の有限要素モデルが作成され、ワイヤー様構造物の形状特性、材料特性、及び拘束条件が有限要素モデルに適用され、所定の部位に配策されるように設計されたワイヤー様構造物が、その主電線束が所定平面に乘るような基準形状に変形される。そして、副電線束がこの平面に対して成す角がねじれ角として計算される。このように、有限要素モデルを作成して、設計形状を主電線束が所定平面に乘るような基準形状に変形し、そのときの副電線束がこの平面に対して成す角をねじれ角として求めるようにしているので、従来、正確に把握することが困難であった副電線束のねじれ角を、明確に把握することができるようになる。したがって、適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0114】

請求項6記載の発明によれば、主電線束がねじれなく直線化されるように拘束条件を設定するので、より適確な治具板の設計や効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0115】

請求項7記載の発明によれば、ワイヤー様構造物を製造するときに利用される治具板を想定した基準平面に、主電線束が乗るように拘束条件を設定し、この基準平面に対する副電線束の成す角度を求めこれを利用してねじれ角が計算されるので、治具板上での製造を前提とした現実にもした治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0116】

請求項8記載の発明によれば、主電線束はワイヤー様構造物を構成する全電線束のうちで最大径を有する電線である主電線束が基準平面に乗ることになる。したがって、より現実にもした治具板の設計やより効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0117】

請求項9記載の発明によれば、複数の副電線束のうちで主電線束の次に太い電線束も基準平面に乗るように拘束条件を設定するので、最も太い電線束とその次に太い電線束とが共に基準平面に乗ることになる。そして、この基準平面に対して、他の電線束のねじれ角が計算される。したがって、更に現実にもした治具板の設計や更に効率的なワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0118】

請求項10記載の発明によれば、基準形状における、主電線束に対する副電線束及びクランプのねじれ角が計算される。したがって、より現実にもした治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【0119】

請求項11記載の発明によれば、基準形状における、主電線束に対するクランプのねじれ角が計算される。したがって、クランプが多用されるワイヤーハーネスに対する治具板の設計やワイヤーハーネスの製造等に有効となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1(A)及び図1(B)はそれぞれ、設計時及び製造時のワイヤーハーネスの形状を示す図である。

【図 2】

図 2 (A) 及び図 2 (B) は、ワイヤーハーネスにおけるねじれ角を説明するための図である。

【図 3】

ワイヤーハーネスに取り付けられる代表的なクランプと拘束自由度との関係を示す図である。

【図 4】

図 4 (A) は、ワイヤーハーネスの外観を示す図であり、図 4 (B) は、図 4 (A) のワイヤーハーネスを離散化した様子を示す図であり、図 4 (C) は、図 4 (A) のワイヤーハーネスを梁要素と節点とで表した図である。

【図 5】

梁要素と節点とで表したワイヤーハーネスにおける自由度を説明するための図である。

【図 6】

図 6 (A) は、3つの梁要素からなるワイヤーハーネスの一部位を示す図であり、図 6 (B) は、ワイヤーハーネスを3つの梁要素で表した図であり、図 6 (C) は、図 6 (B) の3つの梁要素を結合した状態を示す図である。

【図 7】

図 7 (A) は、3つの梁要素と枝線に対応する梁要素とからなるワイヤーハーネスの一部位を示す図であり、図 7 (B) は、図 7 (A) を4つの梁要素で表した後にそれらを結合した状態を示す図である。

【図 8】

図 8 (A) は、断面 2 次モーメント及び縦弾性係数を測定する様子を示す図であり、図 8 (B) は、断面 2 次極モーメント及び横弾性係数を測定する様子を示す図である。

【図 9】

本発明に係るハードウェア構成の一例を示すブロック構成図である。

【図 10】

本発明の第 1 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

【図 11】

図 11 (A) ～図 11 (C) はそれぞれ、図 10 の処理手順におけるサブルーチンを示すフローチャートである。

【図 12】

図 12 (A) ～図 12 (E) はそれぞれ、図 10 の処理の過程における状態を例示する図である。

【図 13】

図 11 (C) の処理を説明するための図である。

【図 14】

本発明の第 2 実施形態に係る処理手順を示すフローチャートである。

【図 15】

図 15 (A) ～図 15 (D) はそれぞれ、図 14 の処理の過程における状態を例示する図である。

【符号の説明】

- 1 ワイヤーハーネス (ワイヤー様構造物)
- 1 a 幹線
- 1 b 1 ～ 1 b 4 枝線
- 2 a ～ 2 g クランプ
- 3 a ～ 3 d 分岐点
- 5 接線平面
- 6 基準平面
- 4 1 マイクロコンピュータ
- 4 2 入力装置
- 4 3 表示装置
- 4 4 印字装置
- 4 5 記憶装置
- 4 6 読込装置
- 4 7 通信インターフェース
- 4 8 記録媒体

4 8 a ねじれ角計算プログラム

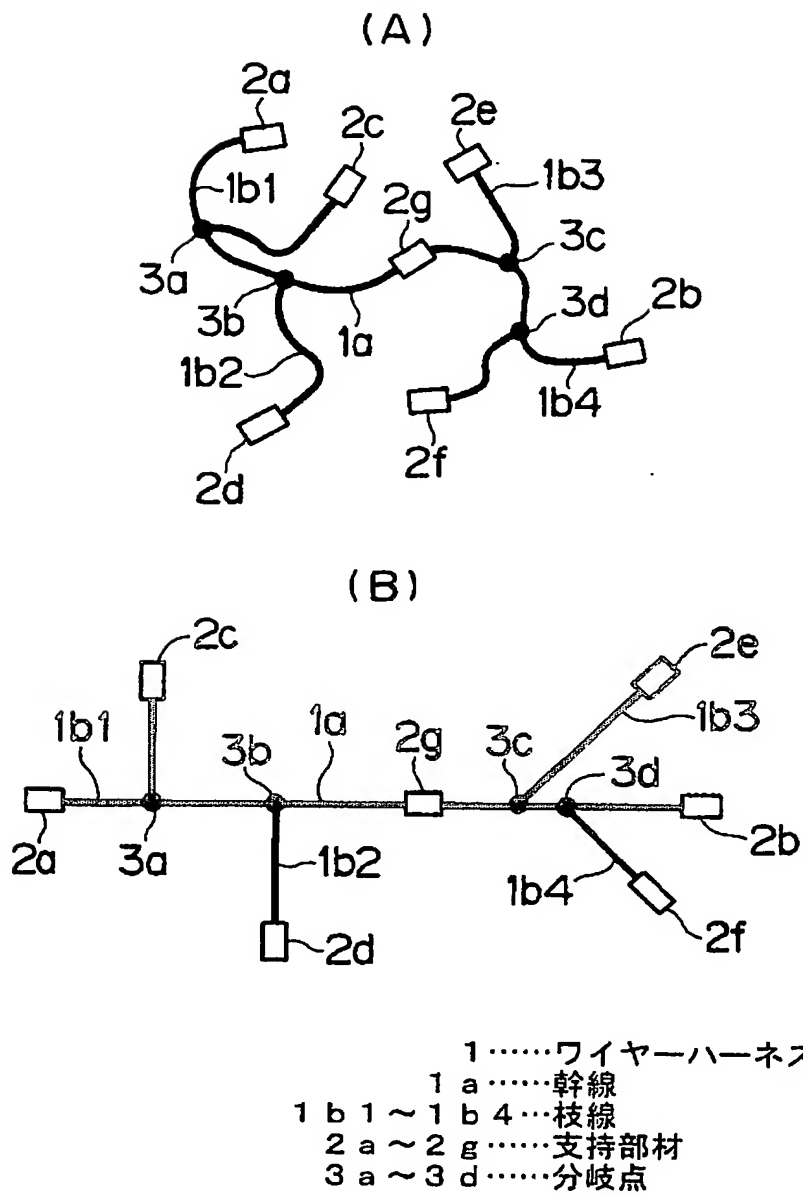
4 9 内部バス

C 1 ~ C 7 梁要素

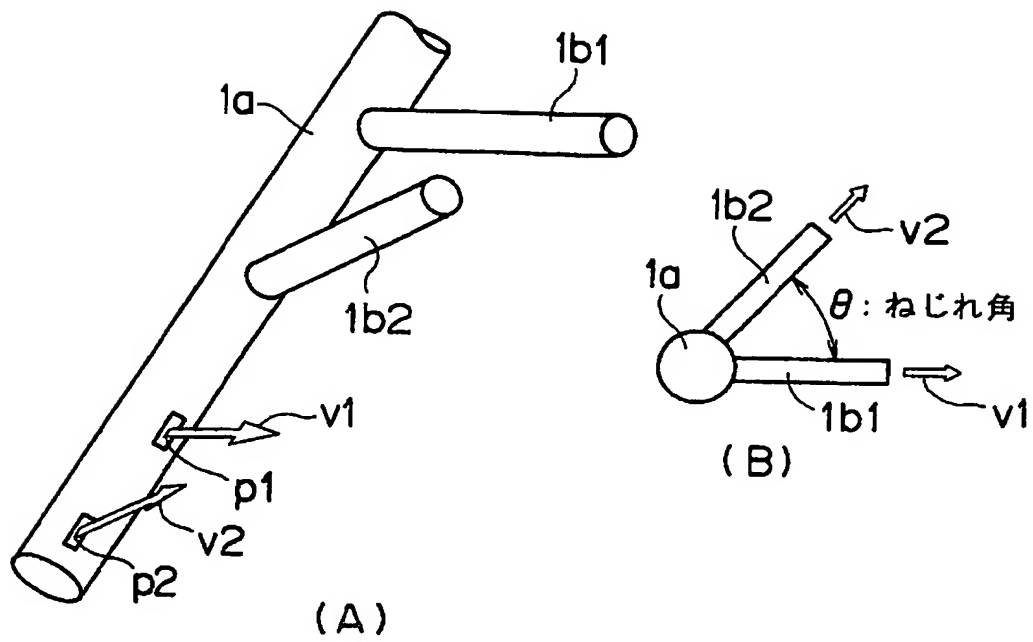
N 0 ~ N 7 節点

【書類名】 図面

【図 1】



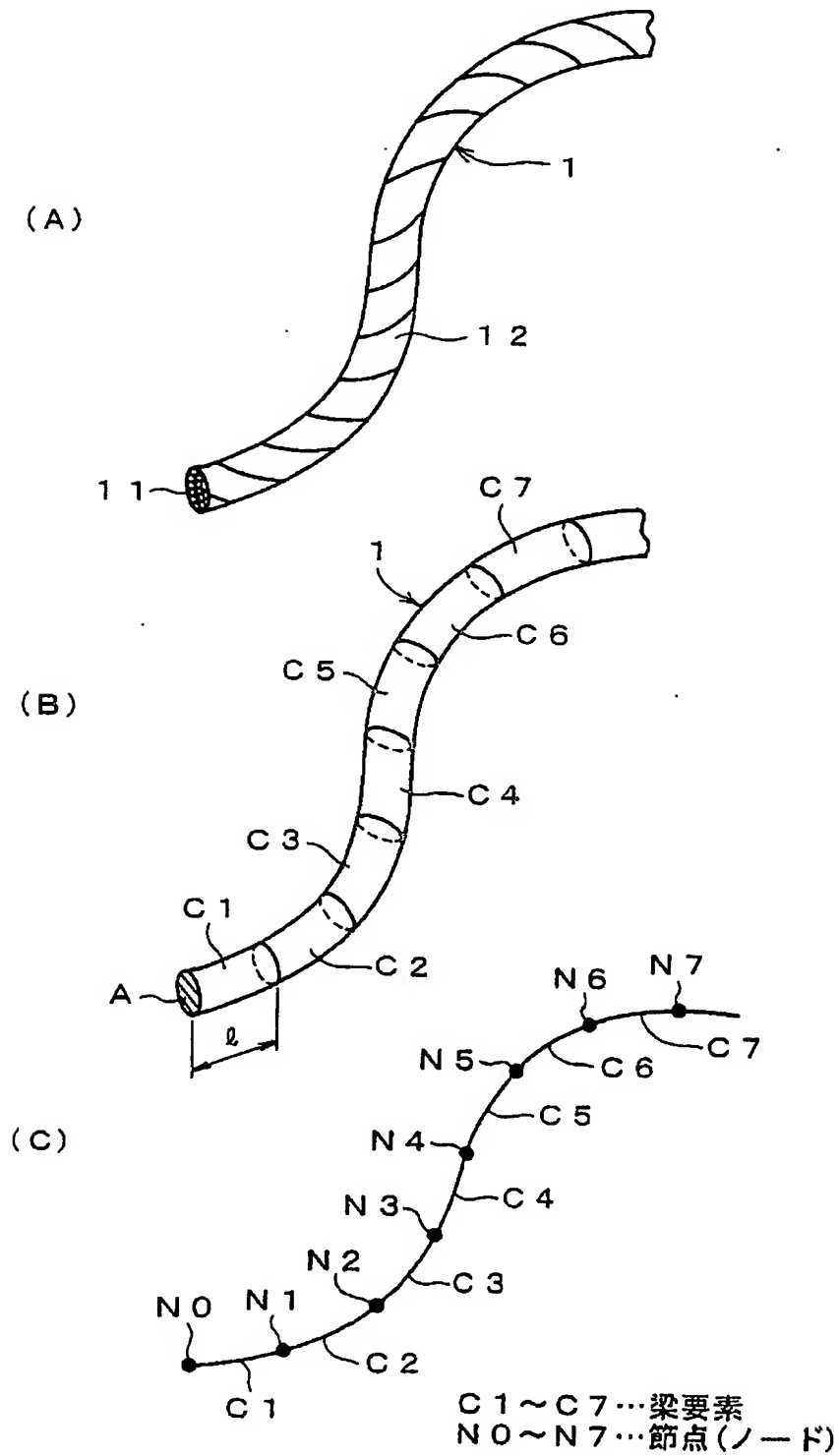
【図 2】



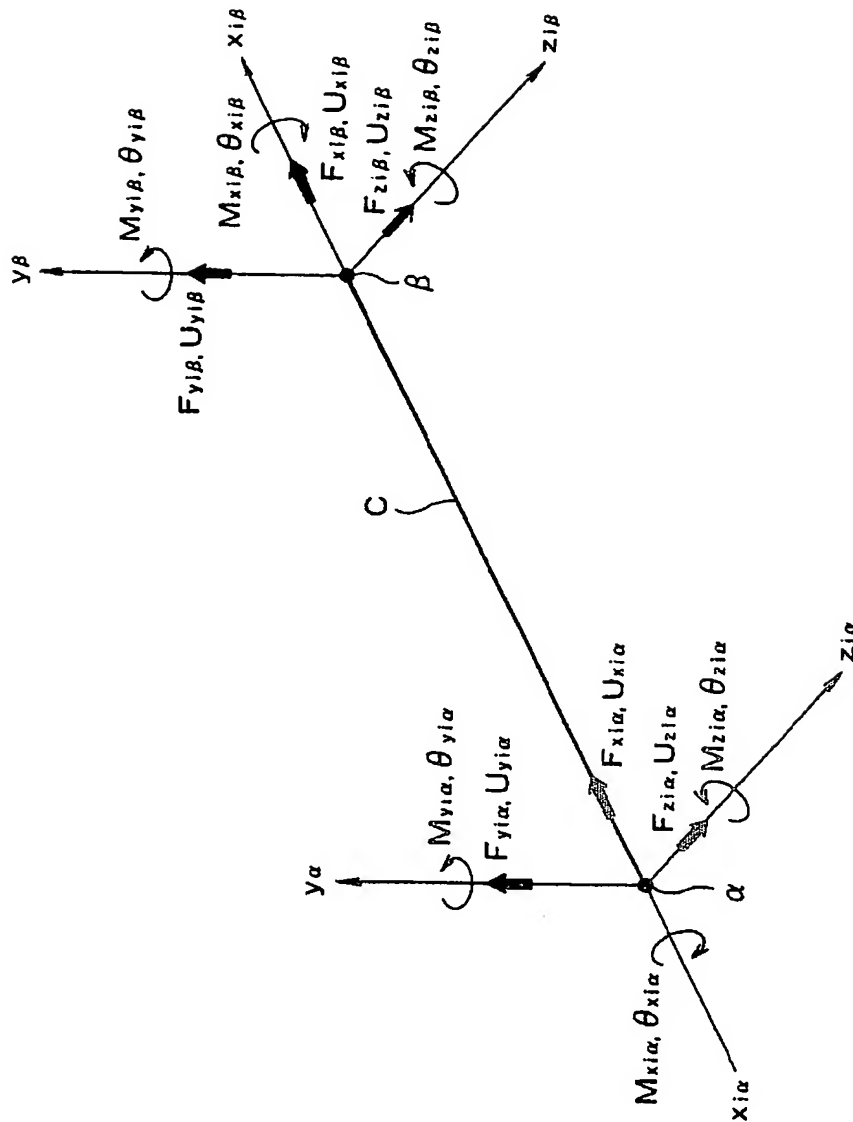
【図 3】

拘束自由度 支持部材						
	X軸方向 並進	Y軸方向 並進	Z軸方向 並進	X軸廻り 回転	Y軸廻り 回転	Z軸廻り 回転
完全拘束	不可	不可	不可	不可	不可	不可
完全拘束	不可	不可	不可	不可	不可	不可
回転拘束	不可	不可	不可	不可	不可	可
回転拘束	不可	不可	不可	可	不可	不可
回転拘束	不可	不可	不可	可	不可	可
完全自由	可	可	可	可	可	可

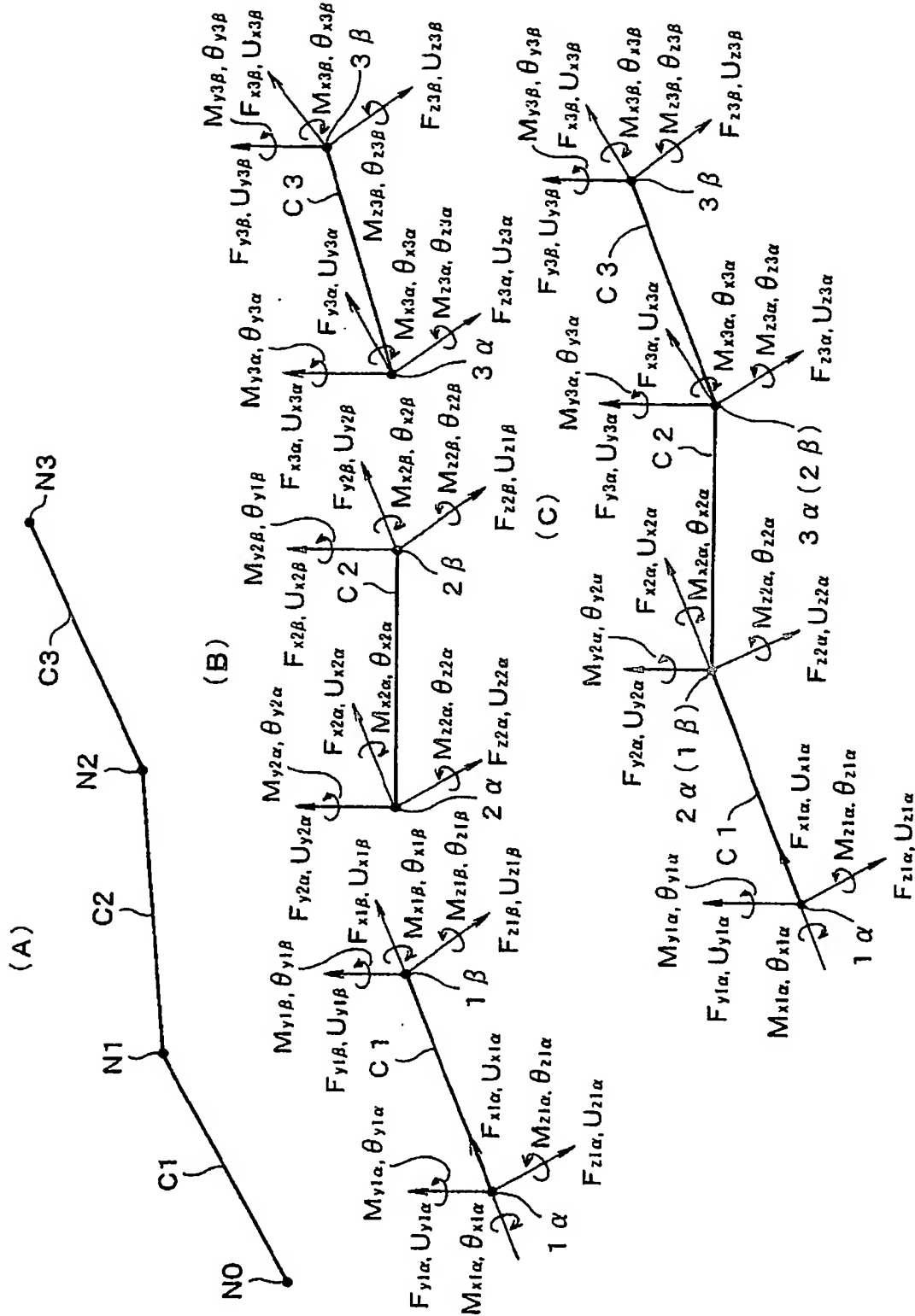
【図4】



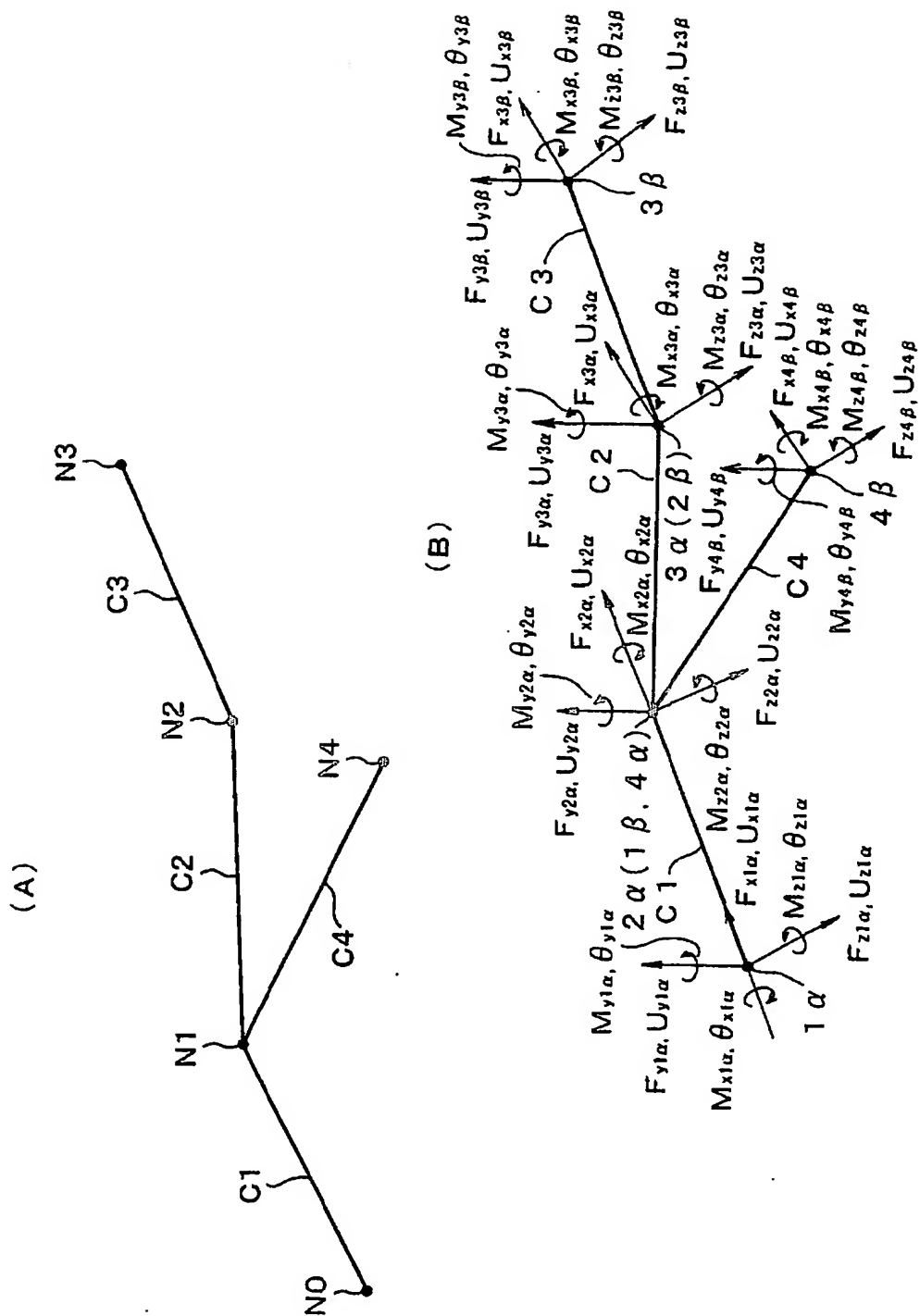
【図 5】



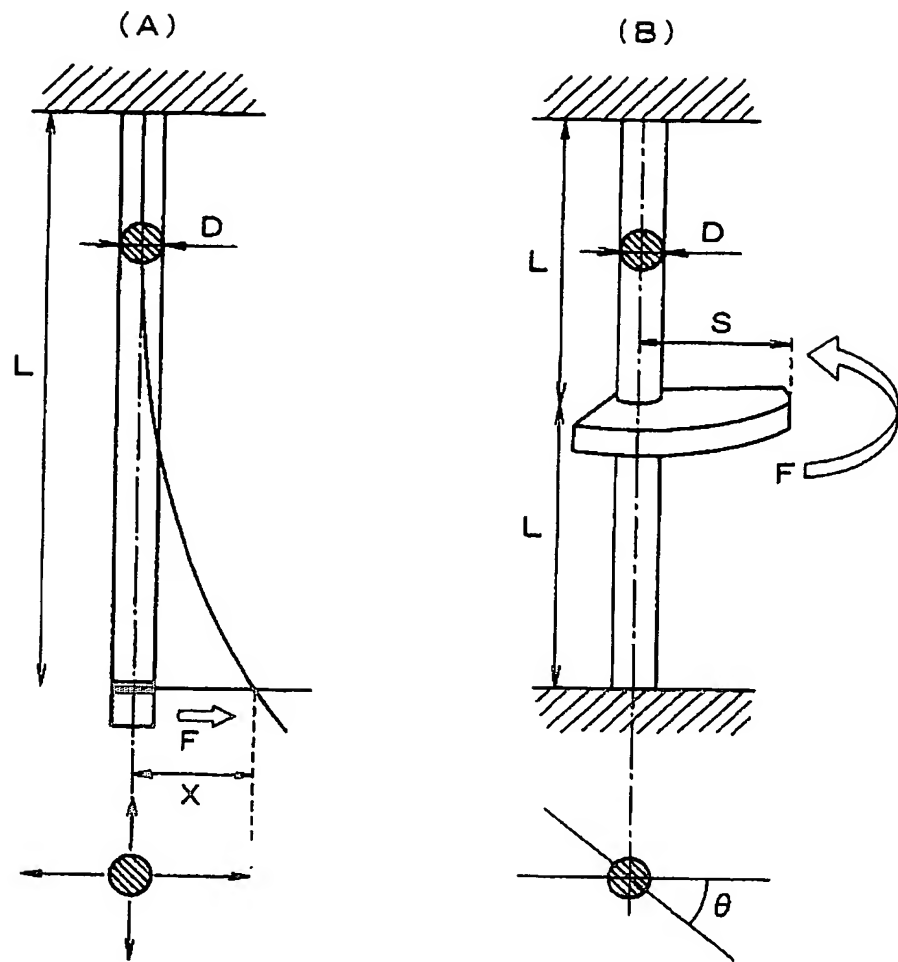
【図 6】



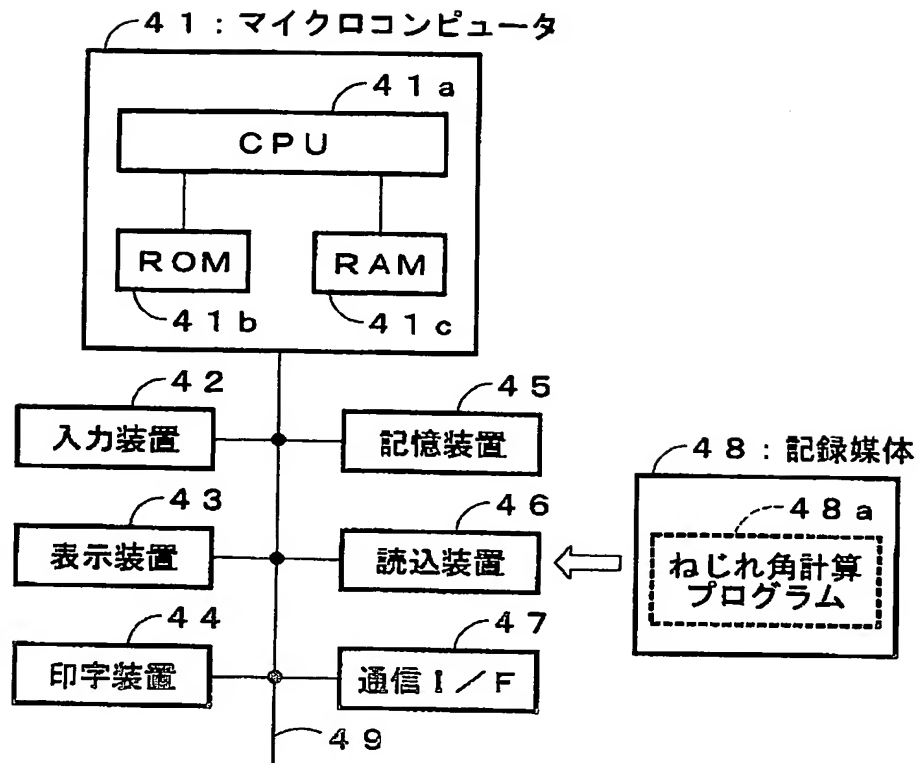
【図 7】



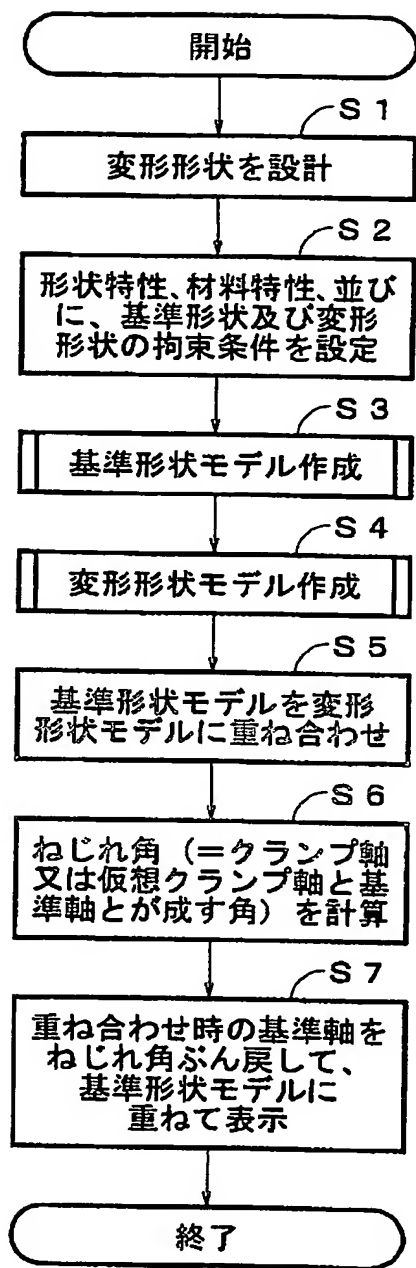
【図 8】



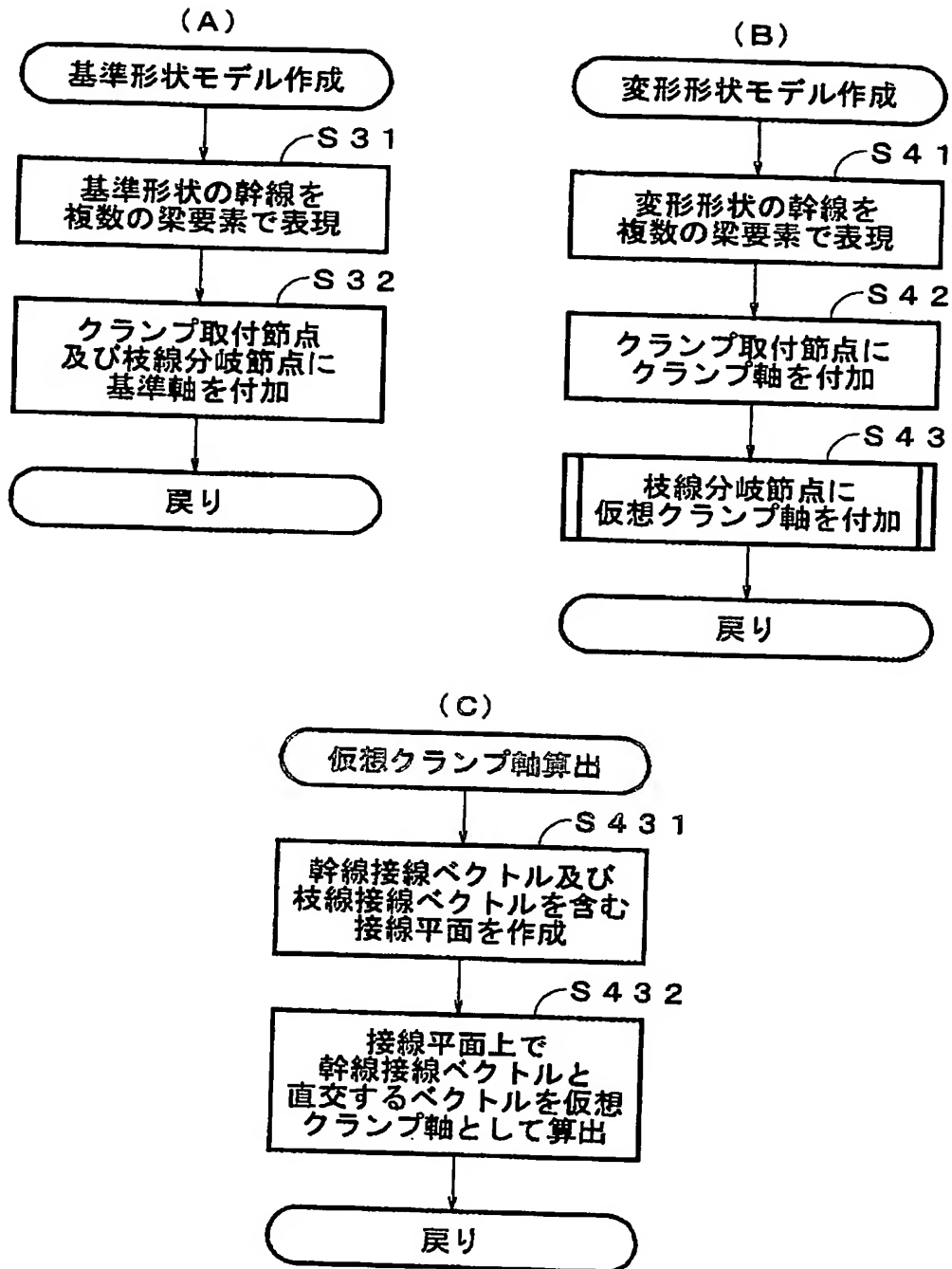
【図 9】



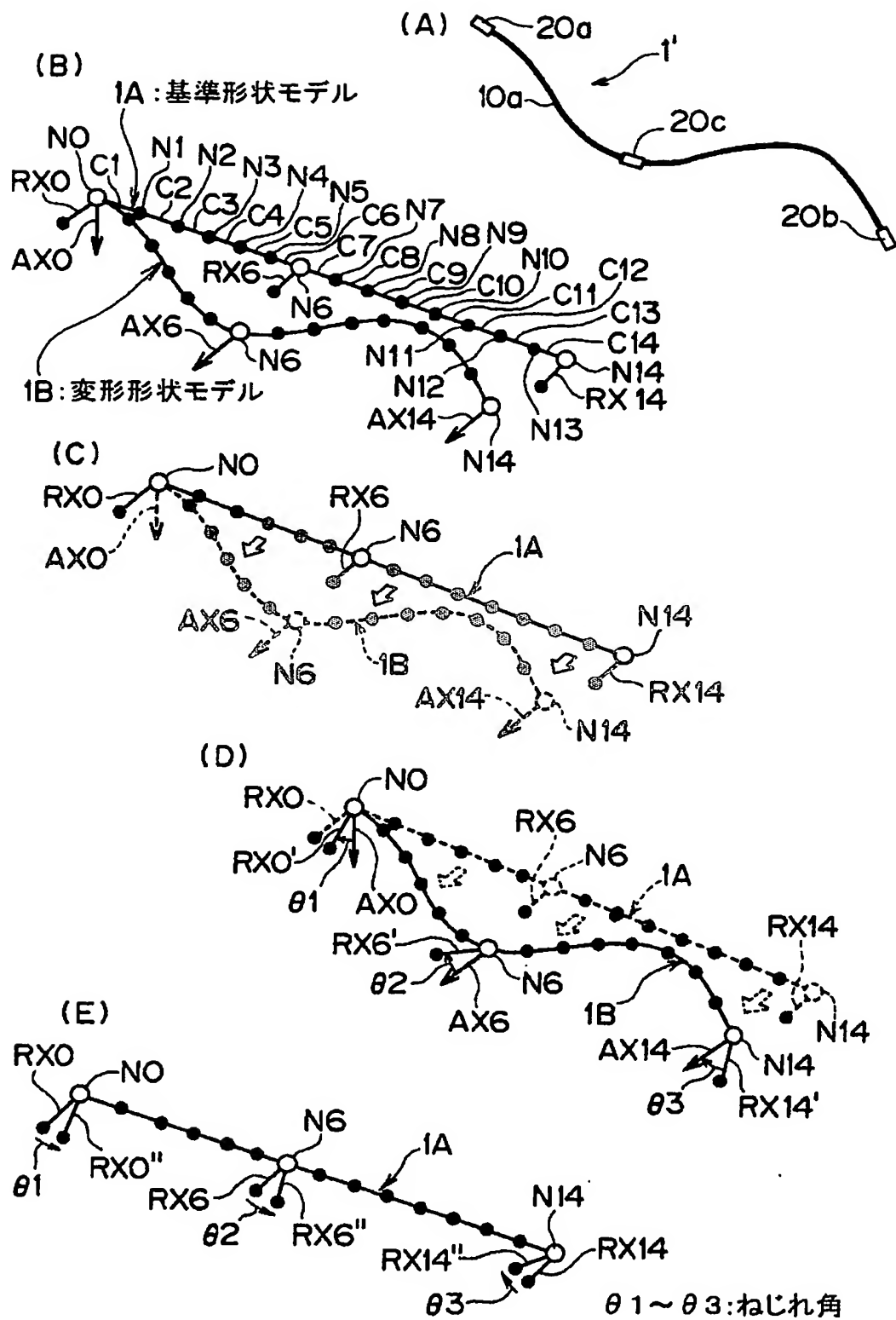
【図 10】



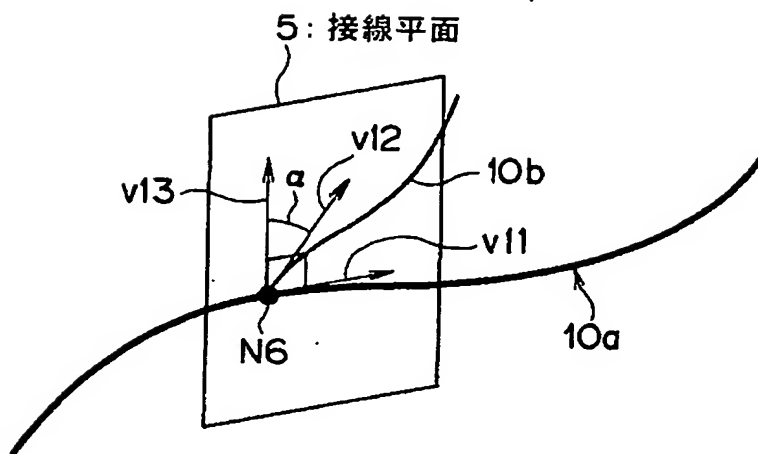
【図 11】



【図 12】

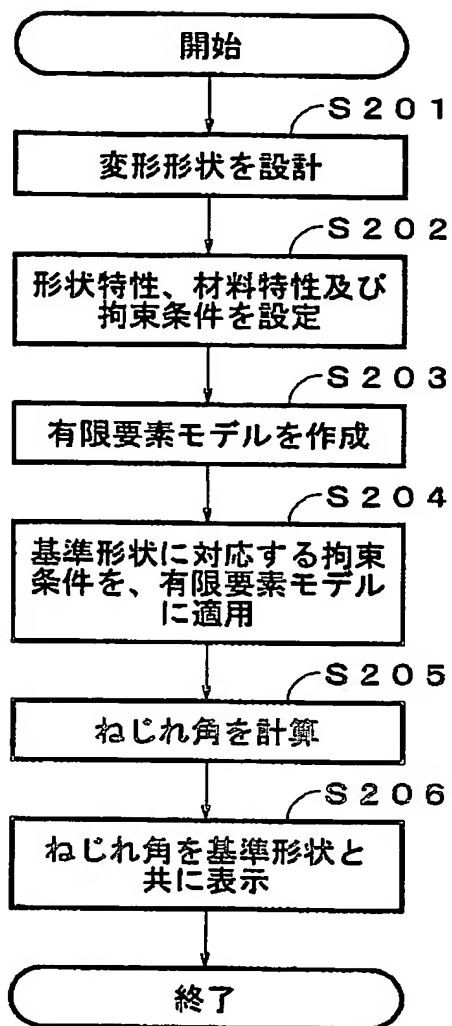


【図 13】

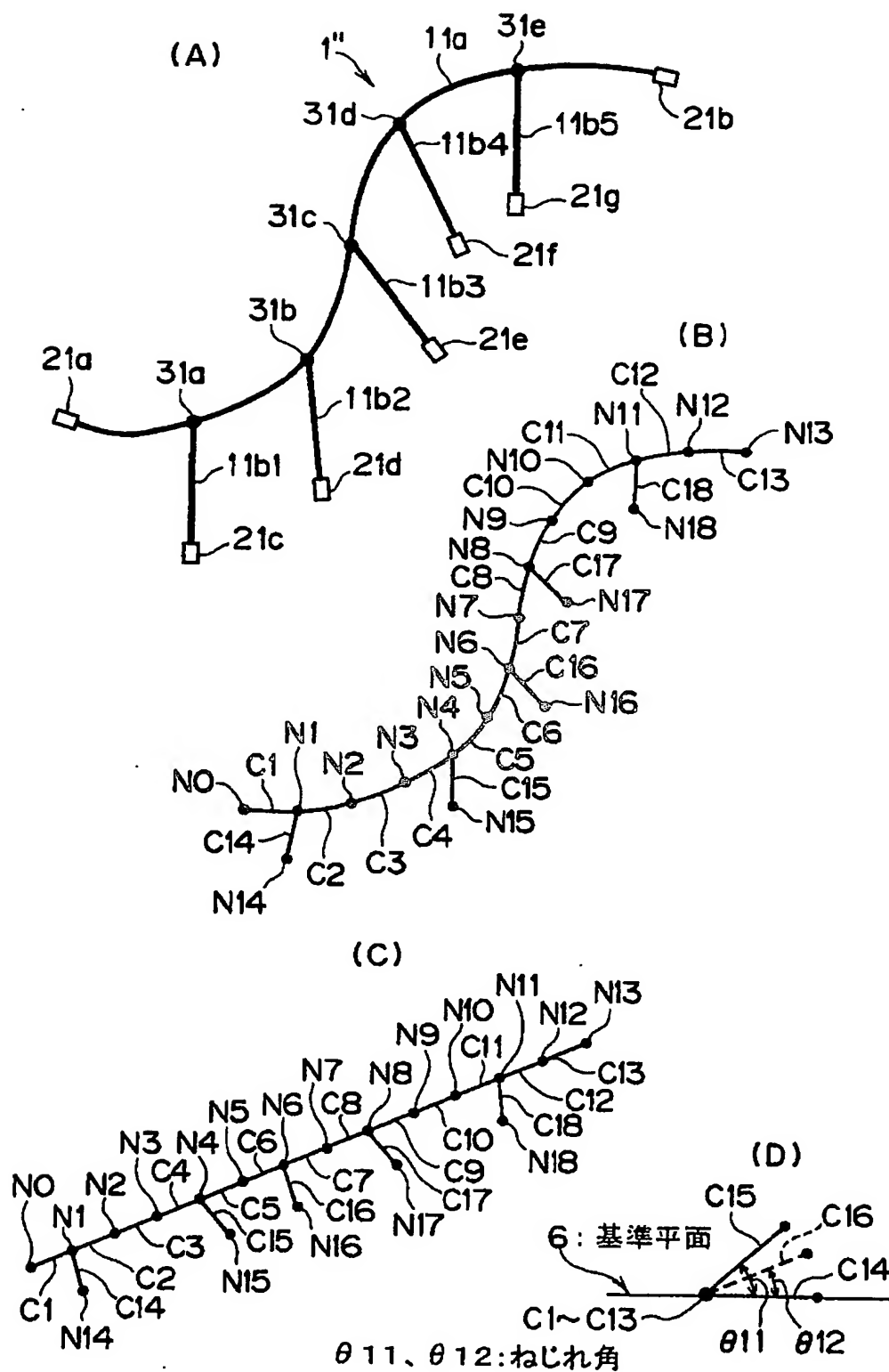


v 1 1 : 幹線接線ベクトル
 v 1 2 : 枝線接線ベクトル
 v 1 3 : 仮想クランプ軸

【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 正確にワイヤーハーネスにおけるねじれ角を計算することができる方法、その装置及びそのプログラムを提供する。

【解決手段】 ワイヤーハーネスの形状特性及び材料特性を参照しつつ、基準形状モデルを変形させて変形形状モデルに重ね合わせたときの形状が、有限要素法を利用して計算される。そして、重ね合わせにともない基準形状モデルの基準軸も回転していき、重ね合わせ終了時の基準軸と、変形形状モデルのクランプ軸及び／又は仮想クランプ軸とが成す角が、ねじれ角として計算される。

【選択図】 図 1 2

特願 2003-137294

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006895]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区三田1丁目4番28号

氏 名

矢崎総業株式会社